

Un prototype SIG pour analyser la résilience urbaine : application à la ville de Dublin

Serge Lhomme, Richard Laganier, Youssef Diab et Damien Serre

Volume 13, numéro 3, décembre 2013

La résilience en action dans les territoires urbains

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1026856ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Université du Québec à Montréal
Éditions en environnement VertigO

ISSN

1492-8442 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Lhomme, S., Laganier, R., Diab, Y. & Serre, D. (2013). Un prototype SIG pour analyser la résilience urbaine : application à la ville de Dublin. *VertigO*, 13(3).

Résumé de l'article

La résilience fait l'objet de nombreux débats dans le domaine académique notamment concernant sa pertinence pratique. C'est pourquoi les travaux concernant le développement de méthodologies et d'outils afin d'analyser la résilience se révèlent particulièrement importants. Cette recherche propose alors une méthodologie pour analyser la résilience urbaine et introduit le développement d'un prototype permettant de rendre opérationnelle cette méthodologie. Après avoir détaillé une méthodologie focalisée sur une analyse préalable de la résilience des réseaux techniques, celle-ci est mise en oeuvre, à l'aide d'un prototype Web-SIG. Plus précisément, la méthodologie et l'outil ont été appliqués à la ville de Dublin qui est une ville fortement exposée aux inondations. L'identification de relations complexes entre les risques et les territoires, permise par cette recherche, semble démontrer la pertinence pratique du prototype développé.

Serge Lhomme, Richard Laganier, Youssef Diab et Damien Serre

Un prototype SIG pour analyser la résilience urbaine : application à la ville de Dublin

Introduction

- 1 Depuis une dizaine d'années, le concept de résilience s'est largement répandu dans le domaine des risques pour en devenir l'un des concepts centraux (Reghezza et al., 2012). De plus, comme l'attention des gestionnaires en charge de la prévention des risques se focalise actuellement sur les villes, il apparaît pertinent d'étudier la résilience de ces territoires. Cependant, la résilience, concept pluridisciplinaire et polysémique, n'est pas facile à appréhender (Reghezza et al., 2012), sa mise en œuvre pratique se révélant particulièrement difficile si l'on veut l'asseoir sur un socle théorique solide. Ainsi, les actions entreprises par les gestionnaires de la ville afin d'améliorer la résilience de leur territoire semblent parfois entrer en contradiction avec certaines définitions académiques (Lhomme et al., 2013).
- 2 Pour constituer ce socle théorique, il ne semble pas approprié de s'appuyer sur une utilisation métaphorique de la résilience (Ahern, 2011). Il convient plutôt de s'appuyer sur une définition rigoureuse issue d'une analyse pluridisciplinaire du concept combinant des définitions utilisées en écologie, en géographie et de manière plus générale dans les sciences humaines et sociales. Ainsi, la résilience est définie dans cette recherche comme la capacité d'un système à absorber une perturbation et à récupérer ses fonctions à la suite de celle-ci (Lhomme et al., 2010). La résilience et la vulnérabilité ne sont alors plus considérées comme étant l'inverse l'une de l'autre (Folke et al., 2002), ces deux concepts se situant dans un même continuum (Provitolo, 2009). En effet, la vulnérabilité est un concept centré sur les problématiques d'endommagement, tandis que la résilience est centrée sur les problématiques de continuité de fonctionnement et de remise en service (Lhomme, 2012). C'est en s'appuyant sur ce cadre théorique qu'il convient, selon nous, d'appréhender la résilience urbaine d'un point de vue pratique.
- 3 Cet article a pour objectif de présenter un prototype Web-SIG conçu pour permettre à des gestionnaires de la ville d'analyser la résilience de leur territoire. Cette analyse de la résilience globale des territoires urbains repose sur une analyse préalable de la résilience des réseaux techniques. Premièrement, il s'agit de présenter les fondements théoriques permettant de justifier les choix méthodologiques opérés, notamment l'importance accordée à l'analyse de la résilience des réseaux techniques pour analyser la résilience urbaine. Deuxièmement, le prototype SIG basé sur une application web, permettant de rendre opérationnelle la méthodologie d'analyse, est présenté et discuté. Enfin, afin d'évaluer la pertinence pratique de cette recherche, la méthodologie et le prototype ont été appliqués à la ville de Dublin qui est une ville fortement exposée aux inondations. Dans ce cadre, les indicateurs permettant d'évaluer les capacités de récupération de son réseau d'assainissement sont détaillés.

Méthodologie d'analyse de la résilience urbaine

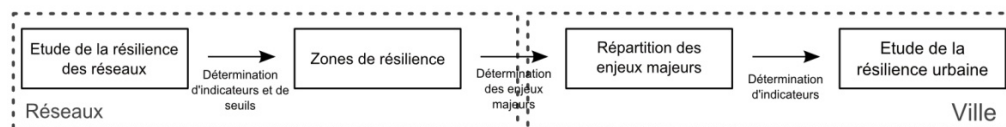
- 4 Pour analyser la résilience urbaine, cette recherche s'appuie sur un postulat : l'analyse de la résilience des réseaux techniques constituerait un préalable nécessaire, mais non suffisant, à l'analyse de la résilience urbaine. En effet, en se fondant sur une analyse épistémologique de la résilience, une certitude émerge : la résilience étudie des systèmes (des écosystèmes, des systèmes économiques, des systèmes sociaux...). Pour appliquer le concept de résilience à la ville, il est donc nécessaire de considérer la ville comme un système. Pour cela, une modélisation systémique simplifiée de la ville a été retenue (Lhomme, 2012). Or, dans ce système, les réseaux techniques se révèlent être le support des relations entre les différents composants du système urbain, c'est-à-dire entre les différents sous-systèmes (entreprises, habitants, infrastructures, réseaux...). Les réseaux techniques alimentent, solidarisent et

irriguent l'ensemble des composants des territoires urbains. Ipso facto, la rupture de ces réseaux implique l'isolation de certains composants et par conséquent une remise en question du fonctionnement du système urbain. On en déduit que ces réseaux jouent un rôle essentiel dans les mécanismes de diffusion du risque (entre les différents composants urbains) et dans les mécanismes de remise en service du système urbain. Dans ce cadre, l'existence et la persistance du « système ville » sont subordonnées à l'existence et à la persistance du fonctionnement des réseaux techniques. Autrement dit, les réseaux techniques tiennent une place centrale en matière de résilience urbaine, les périodes de crise en étant souvent le révélateur (Lhomme, 2012).

- 5 À titre d'exemple, fin octobre 2011, une tempête de neige, qui toucha le nord-est des États-Unis, priva d'électricité pendant plus de 3 jours environ 1.7 million de personnes, engendrant des impacts économiques importants et un blocage partiel de ce territoire (FERC et NAERC, 2011). Encore plus récemment, les coûts des dommages causés au métro new-yorkais par l'ouragan Sandy ont été évalués à 5 milliards de dollars et ont perturbé les mobilités de millions de New-Yorkais (RETEX Sandy, 2013). À Staten Island et dans le New Jersey des dizaines de milliers d'habitants restaient privés d'électricité, d'eau chaude et de chauffage huit semaines après l'événement. Cet événement a ainsi mis en exergue des inégalités territoriales importantes. Début juillet 2012, une panne du réseau de téléphonie mobile d'Orange fit la une des médias français affectant plus ou moins longuement l'intégralité de ses abonnés, soit 26 millions de personnes. Apparemment anodin, cet événement a mis en évidence la dépendance importante d'une partie de la population vis-à-vis de cette technologie. Ces événements soulignent d'une part la vulnérabilité des réseaux techniques à divers aléas climatiques (inondations, vagues de chaleur, périodes de grand froid...) et d'autre part le rôle fondamental de ces infrastructures pour le bon fonctionnement de nos sociétés modernes. Les gestionnaires ont bien conscience de ce rôle fondamental. Ainsi, suite au colloque organisé le 4 octobre 2010 par le secrétariat général de la Zone de défense et de sécurité de Paris (<http://blog.hcfdc.org/?p=168>), l'alimentation en électricité, la production et la distribution d'eau, les transports et la circulation, la récolte et le traitement des déchets dans la ville de Paris apparaissent parmi les secteurs clés à intégrer dans la réponse opérationnelle afin de faire face à une crue de la Seine de type 1910.
- 6 C'est pourquoi il existe une littérature abondante consacrée à la performance, à la vulnérabilité et à la robustesse des réseaux techniques (Dueñas-Osorio, 2005 ; Gleyze, 2005 ; Hines et al., 2010). Dans les faits, il semble que les risques liés aux réseaux techniques expliquent, en partie, l'existence de risques à grande échelle caractérisés par : des niveaux de risques qui explosent ; un niveau de diffusion important ; une probabilité d'occurrence incalculable ; des vulnérabilités inconnues (Michel-Kerjan, 2000). « Chaque exemple le montre, les pertes sociales et financières sont de plus en plus importantes, sans doute parce que les réseaux en question regroupent un nombre croissant d'utilisateurs » (Michel-Kerjan, 2000). Plus précisément, en matière de prévention des risques d'inondation, les réseaux d'énergie et de transport ont été identifiés par les gestionnaires comme l'un des principaux facteurs de l'augmentation de la vulnérabilité de la métropole parisienne (Reghezza, 2006). Le cas francilien montre alors à quel point les réseaux techniques ont pris une place importante dans la vie quotidienne de leurs usagers (Reghezza, 2006). Dans les faits, ces réseaux traduisent de manière tangible la dimension que peuvent prendre les dommages indirects induits par le fonctionnement des territoires (Gleyze, 2005). La ville qui bénéficie de la concentration des réseaux techniques peut en contrepartie en subir les conséquences. Sachant que ces réseaux techniques sont fortement reliés entre eux, il est alors facile de créer des scénarios apocalyptiques : « les réseaux, reliés entre eux, sont menacés d'une thrombose généralisée » (Izrealwicz, 1999). Ainsi, « l'importance des réseaux explique, en grande partie, que nos sociétés se considèrent comme particulièrement vulnérables » (Roncayolo, 1990). C'est donc « par les réseaux que se règle le fonctionnement des villes (ou qu'il se dérègle) » (Roncayolo, 1990). La ville apparaît donc vulnérable par ses réseaux. Néanmoins, le bon fonctionnement de ces réseaux peut apparaître comme un facteur permettant de faire face à des catastrophes.

- 7 Les réseaux techniques jouent aussi un rôle important dans la remise en service et la reconstruction sur le long terme des territoires touchés. Par exemple, durant le séisme de Kobe, l'interdépendance des réseaux s'est faite cruellement sentir, les services d'urgence n'ont ainsi pu se coordonner (réseau de télécommunication hors d'usage), ni se déplacer (réseaux de transports hors d'usage) (Michel-Kerjan, 2000). En France, les retours d'expérience d'inondations passées mettent presque toujours en exergue les problématiques engendrées par les dysfonctionnements des réseaux techniques pour la gestion de crise (Lhomme, 2012). Ainsi, le retour d'expérience concernant les crues survenues dans les départements de l'Aude, de l'Hérault, des Pyrénées-Orientales et du Tarn, en novembre 1999, établit que « la sécurisation des réseaux essentiels de transmission, d'alimentation en énergie électrique, etc. » fait partie des facteurs principaux permettant d'améliorer le fonctionnement des services déconcentrés (Lefrou et al., 2000). Dans les faits, le bon fonctionnement de ces réseaux conditionne un retour rapide à la normale.
- 8 Plus généralement, la place stratégique qu'occupent les réseaux les rend extrêmement influents dans la dynamique de maintien du système urbain global. « Ce mode d'organisation technique ne constitue pas simplement une infrastructure indispensable au fonctionnement de la ville occidentale contemporaine, il en est consubstantiel. Il est la ville occidentale d'aujourd'hui [...]. La ville, qui rassemble aujourd'hui plus de la moitié des habitants de la planète, est non seulement une forme d'habitat dense, qui rassemble un certain nombre de fonctions politiques, administratives et économiques, mais aussi une forme de prise en charge des questions d'eau potable, d'eaux usées, d'énergie et de déchets » (Petitet, 2011). La place désormais omniprésente des réseaux techniques dans l'espace urbain est aujourd'hui bien établie, la ville apparaissant de plus en plus comme un territoire « urbanisé » au plus juste par les réseaux (Roncayolo, 1990).
- 9 Dans ce contexte, cette recherche s'est focalisée sur le développement d'une méthodologie permettant d'analyser la résilience des réseaux techniques. Cependant, l'analyse de la résilience des réseaux techniques n'étant pas suffisante pour analyser la résilience urbaine, il a été proposé d'analyser la répartition des enjeux majeurs vis-à-vis de la résilience des réseaux techniques. C'est alors la mise en relation des informations liées aux réseaux techniques et aux autres enjeux majeurs urbains qui permet de déterminer la résilience urbaine. Dans un premier temps, l'analyse de la résilience des réseaux techniques doit permettre de déterminer des zones plus ou moins résilientes (du point de vue de leurs réseaux). Dans un deuxième temps, l'analyse de la répartition des enjeux majeurs (autres que les réseaux) au sein de ces zones donne des indications sur la résilience de la ville analysée (Figure 1).

Figure 1. Approche générale d'analyse de la résilience urbaine face aux inondations.



Source : Lhomme et al., 2010

- 10 Afin de déterminer la méthodologie d'analyse des réseaux techniques, il a été choisi de s'appuyer directement sur la définition retenue de la résilience. En effet, cette définition met en exergue deux capacités apparaissant nécessaires pour analyser la résilience d'un système : sa capacité d'absorption et sa capacité de récupération. Il en est donc de même pour la résilience des réseaux techniques. Tout l'enjeu est alors de définir d'une part ce qui permet d'analyser l'absorption d'un réseau technique et d'autre part ce qui permet d'analyser la récupération de celui-ci.
- 11 L'absorption d'un réseau technique correspond à sa capacité à fonctionner en dépit d'événements perturbateurs (inondations, tempêtes, dysfonctionnements contingents, malveillances...). Pour cela, un réseau se doit de ne pas être trop fragile, afin de ne pas voir toutes ses installations défaillir (ce qui correspond à une capacité de résistance du réseau). De plus, dans ce cadre, un réseau doit être en mesure de pouvoir faire face à des défaillances lorsque des composants sont amenés à défaillir. Ainsi, un réseau résilient doit être en mesure

de réorienter les flux circulant dans le réseau afin de pallier ces défaillances et de maintenir un certain niveau de fonctionnement. C'est notamment à ce niveau qu'intervient un facteur couramment cité en matière de résilience des réseaux techniques : la redondance (Dueñas-Osorio, 2005). De fait, plus un réseau sera redondant, plus celui-ci sera en mesure de faire face à des perturbations.

- 12 La récupération d'un réseau technique correspond à sa capacité à remettre en service des composants défaillants. Cette récupération peut correspondre au temps nécessaire à la remise en service des composants endommagés afin que le réseau retrouve un service normal. Ici, des aspects purement techniques sont conjugués à des aspects organisationnels. En effet, la remise en service d'un réseau nécessite bien souvent des interventions in situ qui requièrent une gestion de moyens humains (Cagnan et al., 2004). Cette capacité de récupération est plus ou moins fonction de l'endommagement du réseau (correspondant à une capacité de résistance), puisque plus un réseau est endommagé, plus il sera difficile de remettre en service l'ensemble des composants endommagés. Ainsi, des deux capacités précédemment citées pour analyser la résilience des réseaux techniques, une troisième capacité émerge : la capacité de résistance.
- 13 Pour résumer, trois capacités apparaissent fondamentales pour analyser la résilience des réseaux techniques : les capacités de résistance, d'absorption et de récupération (Lhomme et al., 2010). Une fois ces analyses réalisées, il devient possible d'analyser la résilience urbaine.

Construction d'un prototype Web-SIG d'analyse de la résilience urbaine

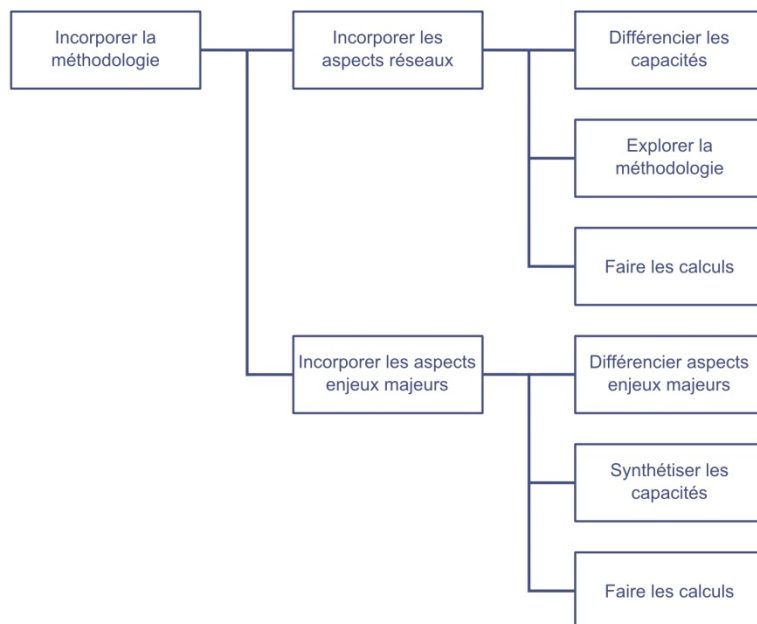
- 14 L'application de la méthodologie développée et proposée dans cette recherche requiert des capacités de calcul importantes. Par conséquent, l'automatisation de celle-ci au sein d'un système informatique constituait un impératif. Plus précisément, il a été nécessaire de développer un Système d'information géographique (SIG), puisque l'ensemble de la méthodologie développée requiert de l'analyse spatiale : pour analyser les réseaux techniques (analyse de la configuration des réseaux afin d'évaluer leur redondance, analyse de la répartition des endommagements afin d'évaluer leur résistance...) et pour prendre en compte des aspects plus généraux (synthèse des résultats, analyse de la répartition des enjeux majeurs...). Un outil Web-SIG, plutôt qu'un SIG bureautique classique, a été développé afin de créer un outil offrant des standards interopérables et ne limitant pas les développements informatiques à un SIG bureautique particulier. Ce choix permet à différents gestionnaires (en particulier des collectivités territoriales) d'utiliser cet outil sans avoir à télécharger un système supplémentaire, d'exploiter les résultats avec leur propre SIG, puis éventuellement de les partager avec d'autres acteurs pour analyser la résilience de leur territoire.

Spécifications fonctionnelles

- 15 Pour déterminer de manière rigoureuse les spécifications fonctionnelles d'un outil informatique, il convient généralement de s'appuyer sur une analyse des besoins. Néanmoins, contrairement à un développement informatique classique, il n'est pas possible, dans le cadre de nos recherches, de recenser ces besoins auprès des personnes qui seront amenées à utiliser l'outil. En effet, le concept de résilience et les méthodologies pouvant lui être associées échappent pour partie aux gestionnaires de la ville qui ne peuvent par conséquent formuler clairement les besoins auxquels l'outil doit répondre. Pour développer le prototype de l'outil web-SIG, il a été nécessaire d'explicitier ces besoins en s'appuyant sur une analyse a priori des fonctions semblant nécessaires au bon fonctionnement de l'outil, ces fonctions se devant alors de prendre en considération les contraintes des gestionnaires (en l'occurrence celles des collectivités). Trois fonctions principales ont ainsi été définies : intégrer des données accessibles aux gestionnaires ; incorporer une méthodologie d'analyse de la résilience des réseaux techniques ; communiquer les résultats.
- 16 Ces trois fonctions peuvent être formulées sous la forme de « prestations attendues » qui correspondent à des fonctions de service que l'outil se doit d'implémenter. Trois diagrammes FAST (« Function Analysis System Technique ») ont alors été réalisés afin d'élaborer les fonctions techniques permettant de répondre aux trois fonctions de service. Ces diagrammes

permettent d'obtenir une traduction rigoureuse de chaque fonction de service en différentes fonctions techniques et de rechercher un maximum de solutions technologiques permettant de les satisfaire. La figure 2 présente le diagramme FAST réalisé pour la fonction « incorporer la méthodologie ». Ainsi, la méthodologie requiert d'analyser les réseaux techniques et les enjeux majeurs. Pour analyser les réseaux techniques, il est nécessaire d'analyser les trois capacités définies, en laissant l'utilisateur les explorer afin qu'il appréhende la méthodologie. L'analyse des enjeux majeurs nécessite de synthétiser les travaux sur les réseaux pour y superposer les informations relatives aux enjeux majeurs qui se doivent d'être bien différenciés. Le diagramme FAST schématise l'ensemble de ces fonctions techniques qui permettent d'incorporer la méthodologie au sein de l'outil.

Figure 2. Diagramme FAST pour la fonction principale « incorporer la méthodologie ».



Source : Lhomme et al., 2010

Modélisation conceptuelle

17 Après avoir défini les spécifications du web-SIG, il devient possible de modéliser conceptuellement celui-ci. La modélisation conceptuelle est une étape intermédiaire entre l'exploitation des analyses fonctionnelles effectuées auparavant et l'implémentation de l'outil. Dans ce cadre, le modèle conceptuel de données a pour but de représenter d'une manière structurée les données qui seront exploitées par le système d'information. Plus précisément, le modèle conceptuel de données décrit la sémantique, c'est-à-dire le sens attaché à ces données et non l'utilisation qui peut en être faite.

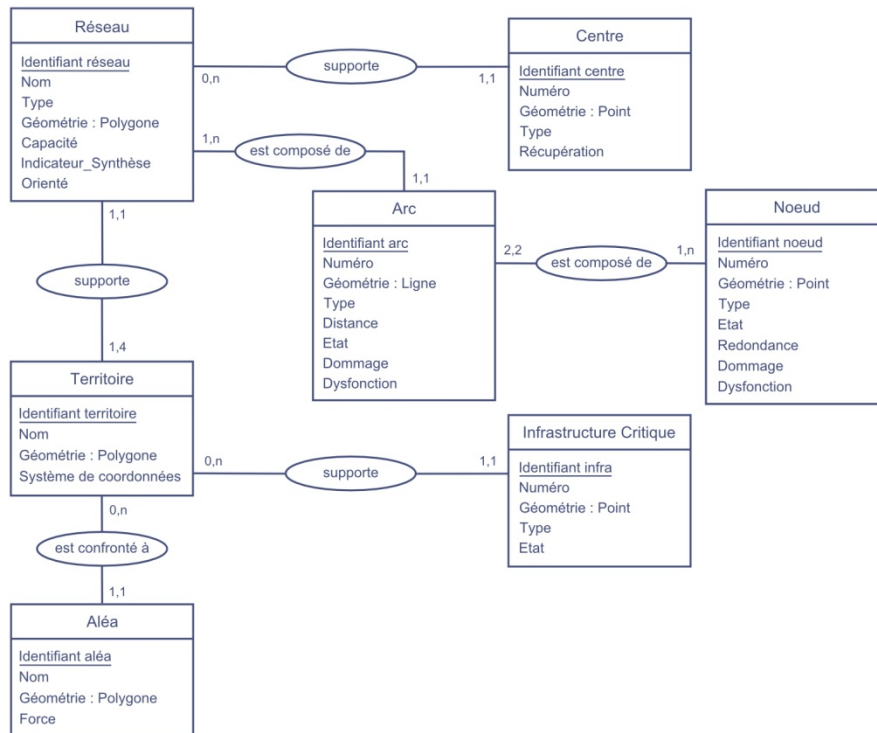
18 Pour établir un modèle conceptuel de données, il est nécessaire de recenser et de nommer l'ensemble des données – c'est-à-dire les entités – du domaine étudié. Dans un deuxième temps, l'analyse des relations existantes entre ces entités pour aboutir au modèle conceptuel de données (dans le but d'identifier les dépendances fonctionnelles) est réalisée. Dans cette recherche, les entités sont les suivantes :

- l'entité territoire
- l'entité réseau (technique)
- l'entité arc
- l'entité nœud
- l'entité centre
- l'entité infrastructure critique (autre que les réseaux)
- l'entité aléa

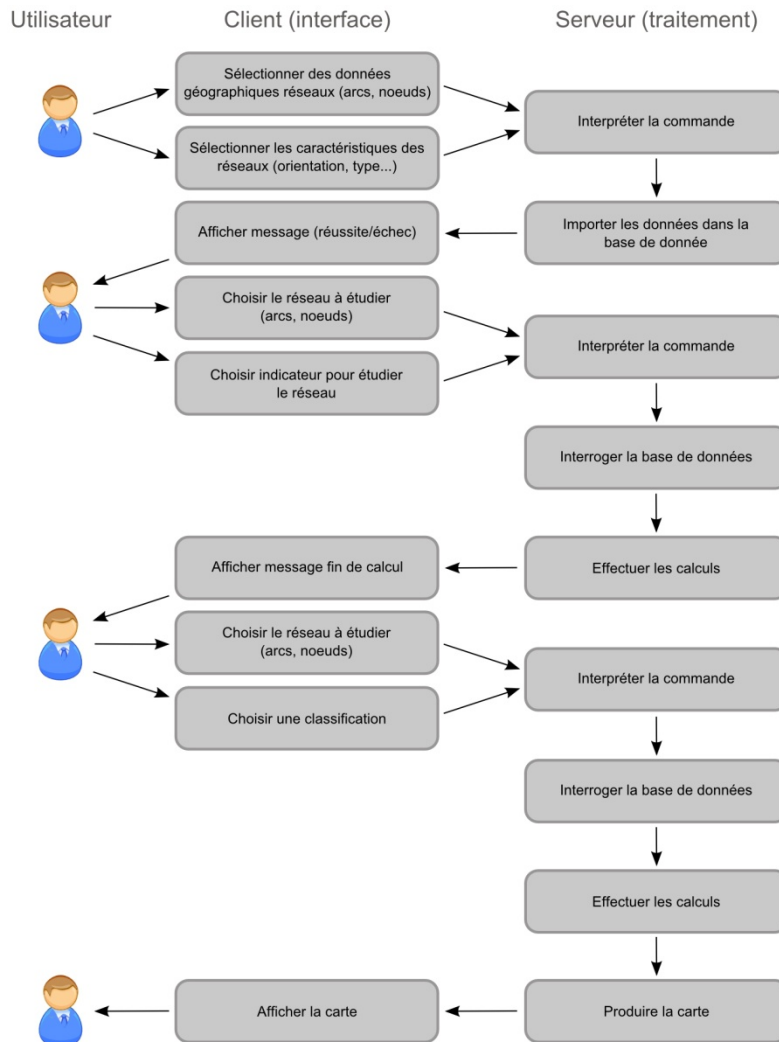
19 Chaque entité est caractérisée par ses propriétés. Par exemple, un territoire est caractérisé par un identifiant, un nom, une géométrie et un système de coordonnées... L'ensemble de

ces propriétés a été déterminé pour chaque entité. Une relation (ou une association) est un lien existant entre deux entités. Chaque relation possède un nom qui caractérise le type de relation existant entre les entités. De plus, pour chaque relation, il est nécessaire d'établir les cardinalités, c'est-à-dire le nombre de participations d'une entité à une relation. À partir de ces différentes étapes, il a été possible de produire un modèle « entité-association » permettant de résumer graphiquement l'ensemble des informations obtenues (Figure 3).

Figure 3. Le modèle « entité-association » du système développé.



- 20 En outre, chaque capacité (résistance, absorption, récupération) a fait l'objet d'un modèle conceptuel de traitements. Ces modèles sont simplement exprimés ici sous la forme de diagrammes de cas d'utilisation (Figure 4). Le modèle conceptuel de traitements prend alors en considération l'ensemble des événements, un événement étant une sollicitation du système d'information qui génère une réaction de la part de celui-ci, pour un outil informatique. Ces événements sont bien souvent le résultat de l'interaction entre l'utilisateur et l'interface qui lui est proposée. De plus, le modèle conceptuel permet de décrire les opérations que ces événements déclenchent et les résultats obtenus et l'ordre dans lequel s'enchainent les traitements.
- 21 Les diagrammes des cas d'utilisation réalisés permettent de présenter de façon graphique et synthétique l'ensemble des actions et des événements menant à l'affichage des résultats sous la forme de cartes ou de graphiques (Figure 4).

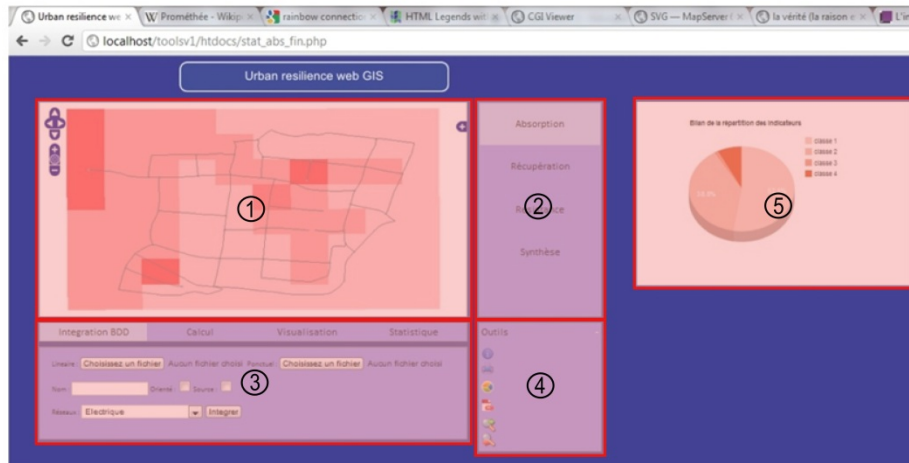
Figure 4. Diagramme des cas d'utilisation concernant la capacité d'absorption.

22

Interface et architecture du prototype

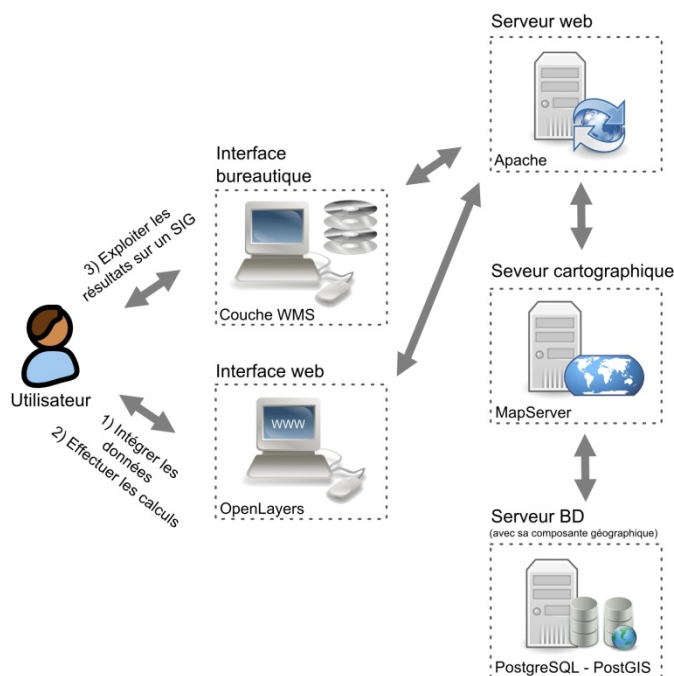
- 23 L'analyse des diagrammes des cas d'utilisation permet d'entrevoir la composition de l'interface, de même que les principaux processus informatiques. L'interface est le dispositif qui permet à l'utilisateur d'interagir avec le système développé (et par conséquent avec la méthodologie implémentée au sein de ce système). Cette interface est divisée en cinq zones (Figure 5) : un espace cartographique affichant les couches d'information géographique ; un menu qui reprend les capacités à analyser issues de la méthodologie ; un ruban interactif permettant d'effectuer les requêtes nécessaires à l'analyse des capacités ; les outils permettant d'interagir avec la carte et les données affichées ; une zone complémentaire permettant d'afficher des résultats qui ne sont pas cartographiques.

Figure 5. L'interface web-SIG - 1) l'espace cartographique 2) le menu 3) le ruban interactif 4) les outils 5) la zone complémentaire.



24 À partir des différentes solutions retenues, une architecture générale a été définie. Ainsi, trois serveurs constituent la structure de l'outil : le serveur de base de données PostgreSQL (et sa composante géographique Postgis), le serveur web Apache et le serveur cartographique Mapserver. Ces trois serveurs peuvent être interrogés par un navigateur internet à l'aide du client cartographique OpenLayers, ou bien à partir d'un SIG bureautique classique à l'aide de requêtes WMS et WFS (Figure 6). L'ensemble de ces travaux a abouti au développement d'un prototype testé à partir d'une étude de cas concernant la ville de Dublin.

Figure 6. Architecture générale du Web-SIG.



Application à la ville de Dublin et aux risques d'inondation

25 Dublin est une capitale en plein essor économique (Grison, 2004). Ce développement économique, qui s'accompagne d'une croissance démographique importante, pose des défis techniques à la collectivité de Dublin et à l'ensemble de sa région (Lhomme, 2012). Ainsi, le réseau routier est saturé et le réseau d'assainissement opère à sa pleine capacité. Dans le même temps, la ville de Dublin est fortement exposée aux inondations. Dans les faits, Dublin est un « cas d'école » en matière de problématiques relatives à la gestion des inondations en milieu urbain, puisque d'une part ce territoire concentre un ensemble assez diversifié de sources d'inondation et d'autre part il doit faire face à un développement urbain continu exerçant une pression foncière importante sur les zones inondables (Lhomme et al., 2013). C'est pourquoi le

Dublin City Council (DCC) - qui souhaite mener une politique volontariste afin d'améliorer la résilience de son territoire – et les gestionnaires de la ville de Dublin se sont montrés intéressés par la méthodologie et le prototype développés.

26 L'étude de cas a été effectuée à partir d'un aléa d'origine : une inondation côtière bicentennale (probabilité de 1/200 de se produire chaque année). En effet, compte tenu des effets probables du changement climatique, les inondations côtières mobilisent en partie l'attention des gestionnaires dublinois. De plus, cet aléa touche une partie du centre-ville historique de Dublin, ce qui préoccupe les gestionnaires. Si les informations géographiques concernant deux réseaux techniques ont pu être fournies (assainissement et électricité), ces données ne contenaient pas d'informations sur la vulnérabilité des composants de ces réseaux aux inondations. C'est pourquoi, il s'est révélé nécessaire d'émettre des hypothèses afin de simuler les conséquences éventuelles d'une crue côtière bicentennale sur ces réseaux techniques qui aboutissent à deux scénarios (Lhomme et al., 2013). Le premier scénario est considéré comme le scénario « principal », car il s'appuie directement sur les retours d'expérience des inondations passées survenues à Dublin : le réseau d'assainissement est alors considéré comme très vulnérable et le réseau électrique comme peu vulnérable. Le second scénario est considéré comme le scénario « alternatif », car il s'appuie sur une analyse critique du premier scénario et sur une connaissance générale de la vulnérabilité des réseaux techniques aux inondations : le réseau d'assainissement est alors considéré comme ponctuellement vulnérable et le réseau électrique comme globalement vulnérable.

27 In fine les deux scénarios mettent en évidence les impacts pouvant être engendrés par une inondation côtière bicentennale sur le réseau d'assainissement (Lhomme et al., 2013). En effet, l'analyse des capacités de résistance souligne d'une part les faibles capacités d'absorption du réseau d'assainissement, qui est un réseau arborescent (non maillé et d'une redondance nulle), et d'autre part la forte exposition aux inondations de certains composants essentiels au fonctionnement général de ce réseau. Le réseau électrique, mieux maillé et dont certains composants essentiels sont situés hors d'eau, se révèle quant à lui moins problématique. Compte tenu des différents endommagements identifiés et de leurs impacts, il semble approprié de se focaliser sur le réseau d'assainissement afin d'analyser ses capacités de récupération, puisque ce réseau concentre les endommagements induits par une inondation côtière bicentennale. Plus précisément, il convient de se focaliser sur le scénario principal qui engendre un endommagement important du réseau d'assainissement, la remise en service de ce réseau se révélant dès lors particulièrement complexe à analyser.

28 Actuellement, les recherches concernant la remise en service des réseaux techniques se concentrent d'une part sur la modélisation de ce processus et d'autre part sur son optimisation. L'estimation du temps nécessaire pour remettre en service une infrastructure réseau constitue un des principaux apports des travaux en matière de modélisation de la remise en service post-catastrophe des réseaux techniques. À l'aide de cette estimation, il devient par exemple possible d'évaluer les impacts économiques liés à ces dysfonctionnements. En matière d'optimisation, l'objectif est par exemple de minimiser le temps d'indisponibilité des réseaux techniques pour l'ensemble des consommateurs en organisant au mieux leur remise en service (c.-à-d. en hiérarchisant au mieux les interventions) (Cagnan et Davidson, 2004 ; Xu et al., 2007). Ces travaux sont plus rares que ceux concernant la modélisation de la remise en service post-catastrophe des réseaux techniques (Xu et al., 2007). En effet, ces travaux ont la particularité d'être à la croisée entre d'une part des recherches centrées sur la modélisation de la remise en service des réseaux techniques et d'autre part des problématiques issues de l'optimisation linéaire (Kozin et Zou, 1991). Ainsi, ces recherches se révèlent particulièrement complexes, puisqu'elles nécessitent des connaissances approfondies en mathématiques (pour l'optimisation linéaire), en ingénierie et en management des organisations (pour la modélisation de la remise en service).

29 Dans les faits, plus les approches retenues sont précises, détaillées et semblent in fine satisfaisantes, plus celles-ci sont confrontées à des difficultés concernant leur mise en œuvre pratique. Ainsi, si certaines approches aboutissent à des modélisations de la remise en service particulièrement détaillées, celles-ci requièrent de nombreuses données se révélant parfois

particulièrement difficiles à obtenir. Il est alors nécessaire d'impliquer les gestionnaires des réseaux techniques pour obtenir ces données. Néanmoins, compte tenu du niveau de connaissances requis pour mettre en œuvre ces approches, les gestionnaires des réseaux techniques peuvent eux aussi ne pas avoir les données nécessaires à de telles approches. Ainsi, il est souvent nécessaire d'avoir recours à des procédures d'expertise, sans que la validité de ces expertises puisse être évaluée.

- 30 Quoi qu'il en soit, les approches les plus détaillées tiennent compte de l'accessibilité des éléments endommagés vis-à-vis des centres chargés d'en opérer la réparation. Des approches tentent même d'identifier les localisations optimales pour implanter les centres responsables de la remise en service des réseaux techniques (Wang et al., 2012). La localisation des centres de remise en service vis-à-vis des composants endommagés joue donc un rôle important pour la remise en service des réseaux techniques. Il apparaît dès lors nécessaire d'en analyser les spécificités. Pour cela, il convient de déterminer une approche permettant d'identifier les difficultés d'accessibilité aux sites qui nécessitent des interventions. En effet, plus un site est difficilement accessible, plus sa remise en service peut être considérée comme problématique. Dans les faits, la notion d'accessibilité renvoie à différentes acceptations. Dans cette recherche, il a été choisi de limiter l'accessibilité à des critères uniquement spatiaux. En effet, l'analyse spatiale offre la possibilité d'appréhender les problématiques de remise en service des réseaux techniques avec un minimum de données, dans un domaine où les données peuvent être difficiles à obtenir, et permet ainsi de mettre en évidence certaines spécificités concernant les territoires étudiés. Dans ce contexte, trois indicateurs se révèlent pertinents à évaluer : un
- 31 Le premier indicateur défini est un indicateur de plus court chemin (Icc) qui évalue la distance la plus courte entre un endommagement donné et les centres responsables de la remise en service.
- 32 Le deuxième indicateur est aussi fondé sur le plus court chemin tout en tenant compte d'une réalité plus complexe, car il ne suffit pas qu'un composant soit proche d'un centre de remise en service pour que son accès soit facile. Dans les faits, il faut aussi que ce composant soit plus proche que les autres composants vis-à-vis d'un centre particulier. En effet, comme les ressources disponibles pour faire face à des crises sont limitées, les centres de remise en service doivent hiérarchiser leurs interventions. Les centres de remise en service ont alors généralement des zones d'intervention spécifiques qui sont déterminées en fonction de critères de distance, de coûts de transport ou de temps. Dans ces zones, sauf si un composant se révèle éminemment plus critique que les autres, l'ordre des interventions se fera par ordre de facilité d'accès, car cela permet de minimiser le temps d'indisponibilité du réseau. Conscient des limites d'une modélisation de la remise en service des réseaux techniques uniquement fondées sur des critères spatiaux, l'indicateur d'ordonnancement des interventions (Ior) permet alors de tenir compte d'aspects plus organisationnels en classant les endommagements en fonction d'un ordre d'intervention probable (ordre qui minimise le temps d'indisponibilité du réseau). Pour chaque composant endommagé, le classement le plus favorable est retenu.
- 33 Enfin, un troisième indicateur a été développé, il s'agit de l'indicateur de pénibilité (Ipe). En effet, dans le cas particulier de cette recherche, il semble essentiel de tenir compte de la position relative des composants endommagés et des centres de remise en service vis-à-vis de l'aléa inondation. Dans les faits, « l'accessibilité ne renvoie pas uniquement à la seule possibilité d'atteindre ou non un lieu donné, mais elle traduit également la pénibilité du déplacement, la difficulté de la mise en relation appréhendée le plus souvent par la mesure des contraintes spatio-temporelles » (Chapelon, 2012). Ainsi, la pénibilité peut dans le contexte de ces recherches faire référence à l'allongement des plus courts chemins, causé par les inondations, entre les composants endommagés et les centres de remise en service.
- 34 Les trois indicateurs développés sont agrégés pour obtenir un indicateur synthétique d'accessibilité [1]. Les indicateurs normalisés (les valeurs étant comprises entre 0 et 1) ont été additionnés en pondérant les valeurs des indicateurs en fonction de l'importance accordée à chacun des facteurs.

$$I_{acc}(i) = \gamma_{or} I_{or_norm}(i) + \gamma_{cc} I_{cc_norm}(i) + \gamma_{pe} I_{pe_norm}(i) \quad [1]$$

35 Où $I_{acc}(i)$ est l'indicateur d'accessibilité de i , $I_{or}(i)$ est l'indicateur d'ordonnancement pour i , $I_{cc}(i)$ est l'indicateur de plus court chemin pour i , $I_{pe}(i)$ est l'indicateur de pénibilité pour i , γ est un indicateur compris entre 0 et 1.

36 L'indicateur agrégé permet de caractériser la situation présente. Néanmoins, il peut être intéressant, pour identifier des composants problématiques, de comparer cette situation présente à une situation jugée optimale. La situation optimale correspond à la répartition des centres responsables de la remise en service minimisant la somme des distances à l'ensemble des endommagements. Cela revient à résoudre le problème p -médian. En effet, la répartition des centres de remise en service n'est généralement pas optimale. Cette répartition peut alors dégrader des situations déjà fortement problématiques. En utilisant des heuristiques, en l'occurrence un algorithme glouton (Baray, 2002), il est possible de déterminer la localisation optimale des centres de remise en service vis-à-vis d'endommagements identifiés au préalable. L'indicateur développé, nommé indicateur d'optimisation (I_{op}), compare alors la situation optimale par rapport à la situation réelle. En l'occurrence, l'indicateur compare les distances minimales des composants endommagés vis-à-vis de leur centre de remise en service le plus proche dans les deux cas [2]. Une fois normalisé, cet indicateur peut être additionné aux indicateurs précédents pour définir l'indicateur de récupération. Cet indicateur de récupération permet d'identifier les composants les plus problématiques à remettre en service après un événement dommageable [3].

$I_{op}(i) = \text{Min}[d^*(i, j)] - \text{Min}[d(i, j)]$	[2]
$I_{rec}(i) = I_{acc}(i) + \gamma_{op} I_{op_norm}(i)$	[3]

37 Où $I_{acc}(i)$ est l'indicateur d'accessibilité de i , $I_{rec}(i)$ est l'indicateur de récupération pour i , $I_{op_norm}(i)$ est l'indicateur d'optimisation normalisé pour i , $I_{op}(i)$ est l'indicateur d'optimisation pour i , $d(i, j)$ est la plus courte distance entre i et j , $d^*(i, j)$ est la plus courte distance optimale entre i et j , i est un composant endommagé, j est un centre de remise en service, γ est un indicateur compris entre 0 et 1.

38 Le Dublin City Council (DCC), qui gère le réseau d'assainissement de la ville de Dublin, dispose de plusieurs centres responsables de son fonctionnement. Ce centre administratif regroupe à la fois du personnel administratif et technique auquel peut être associé le dépôt de Marrowbone Lane et son centre de télédétection. Les pompes de relèvement de Clontarf, de Vernon et de Ringsend disposent de personnels sur site, comme la station d'épuration de Ringsend et un dépôt à Bonnow Road. Afin d'analyser la remise en service du réseau d'assainissement, il a été convenu avec les gestionnaires du DCC de ne pas tenir compte de certains centres. En effet, des centres sont situés en zone inondable (pompe de Clontarf) tandis que d'autres sont spécialisés dans des domaines n'ayant pas un rapport direct à la maintenance du réseau (comme le centre de télédétection de Marrowbone Lane). De plus, certains centres seront focalisés sur le fonctionnement d'une infrastructure particulière dont ils ont spécifiquement la charge. Par exemple, le centre qui est responsable du fonctionnement de la station de Ringsend se concentrera sur la protection et la maintenance de cette infrastructure. La situation est en revanche plus ambiguë concernant le centre de maintenance de la pompe de relevage située à Ringsend. Bien que ce centre soit focalisé sur la maintenance et la sécurisation de cette pompe essentielle pour le fonctionnement d'une grande partie du réseau, ce centre pourrait être amené à participer à la maintenance d'autres ouvrages selon les gestionnaires. In fine, quatre centres ont été retenus pour analyser la remise en service du réseau d'assainissement.

39 L'analyse fait alors apparaître que les ouvrages endommagés les plus problématiques à remettre en service sont localisés assez logiquement au centre de la zone inondable (c.-à-d. dans la zone apparaissant la plus contraignante pour les interventions in situ). En

revanche, d'autres résultats apparaissent plus surprenants (Figure 7). Par exemple, les ouvrages endommagés situés les plus à l'ouest sont jugés difficiles, voire problématiques à remettre en état de fonctionnement, alors même que le centre de remise en service le plus proche n'est pas très éloigné et que l'inondation dans cette zone peut être qualifiée de résiduelle. Dans ce cas précis, c'est en partie l'organisation spatiale des centres de remise en service qui peut expliquer cette situation. Ainsi, le centre de remise en service situé au nord-ouest de Dublin semble mal positionné (Figure 7). En effet, même visuellement, on peut constater que ce centre est le centre le plus éloigné des sites endommagés, ce qui pénalise fortement la remise en service des ouvrages situés les plus à l'ouest, car ce sont ces ouvrages qui pourraient bénéficier des interventions de ce centre. Les résultats obtenus mettent donc en évidence la relation complexe que les risques entretiennent avec les territoires, où ce ne sont pas nécessairement les zones les plus proches des zones inondables qui seront les plus problématiques à remettre en service (Figure 8).

Figure 7. Les endommagements sur le réseau d'assainissement classés en fonction de leur remise en service.

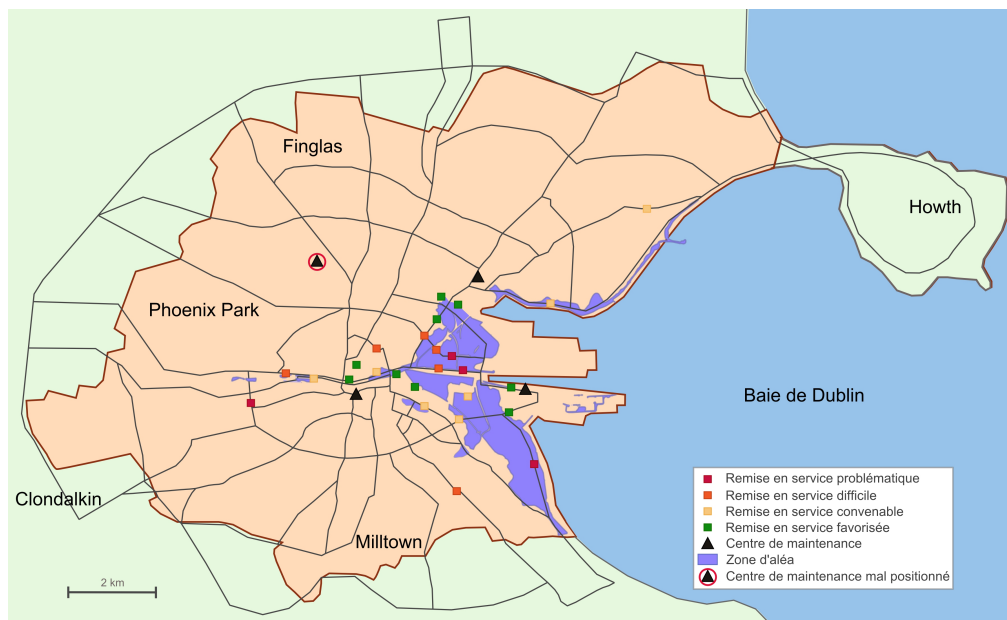
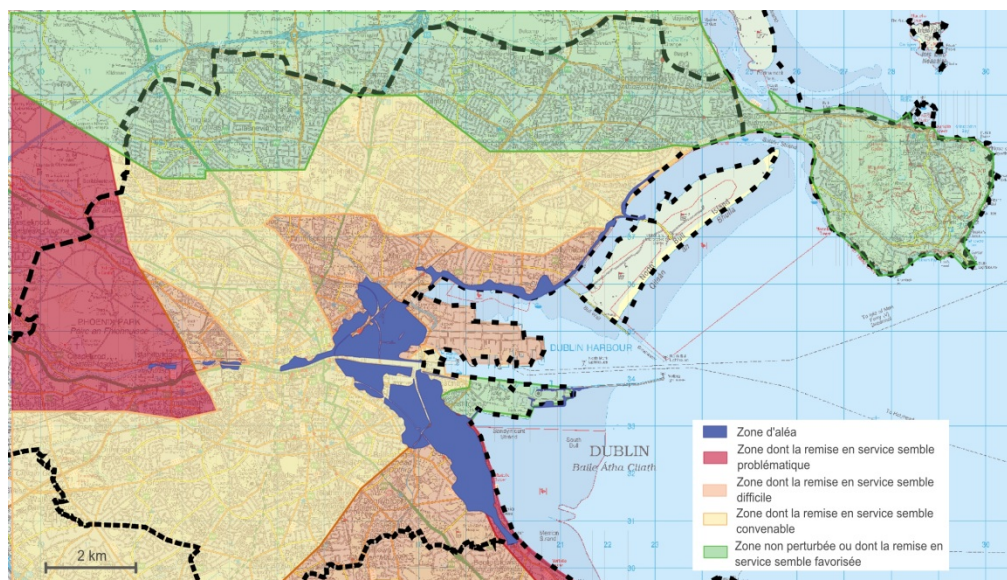


Figure 8. La remise en service du réseau d'assainissement pour le territoire dublinois.



40

Pour synthétiser les résultats issus de l'analyse des trois capacités (absorption, résistance, récupération) du réseau d'assainissement, il est possible de s'appuyer directement sur l'analyse des capacités de récupération de ce réseau. En effet, l'analyse des capacités d'absorption

met seulement en évidence l'absence de redondance au sein du réseau d'assainissement et l'analyse des capacités de résistance permet seulement de différencier la partie nord de Dublin (où le réseau devrait fonctionner) du reste de Dublin (où le réseau ne devrait plus fonctionner). L'analyse des capacités d'absorption permet donc de mieux identifier les forces et les faiblesses du territoire en matière de résilience du réseau d'assainissement.

41 Pour analyser la résilience de la ville de Dublin, les répartitions de certains enjeux majeurs « reconnus » et de certains enjeux caractéristiques d'une capitale ont aussi été analysées. Dans cette étude, les casernes de pompiers et les hôpitaux (Figure 9) sont considérés comme des enjeux majeurs « reconnus », tandis que les ambassades et les ministères sont considérés comme des enjeux caractéristiques propres à une capitale. Les analyses effectuées révèlent que ces enjeux se concentrent en dehors des zones inondables. Néanmoins, peu d'enjeux seront épargnés par les dysfonctionnements du réseau d'assainissement (Tableau 1). Ainsi, si la majorité d'entre eux est située en dehors des zones inondées, ces enjeux seront malgré tout amenés à subir les conséquences d'une inondation côtière bicentennale.

Figure 9. La répartition des hôpitaux et la résilience du réseau d'assainissement.

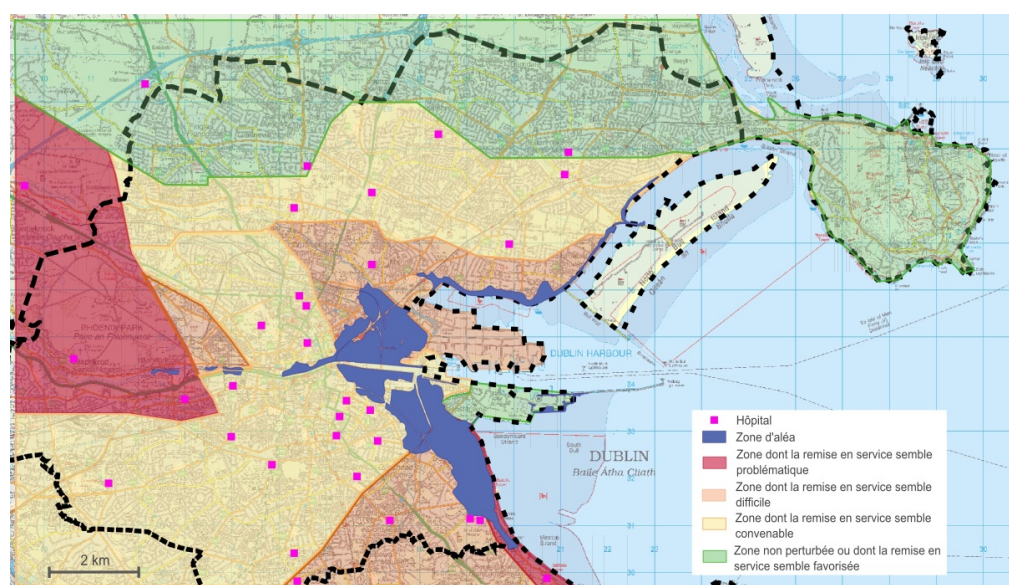


Tableau 1. Synthèse des résultats obtenus concernant la répartition de certains enjeux vis-à-vis de la résilience du réseau d'assainissement

	Casernes de pompiers	Hôpitaux	Ministères	Ambassades
Zones inondées	0 %	0 %	7,7 %	15,6 %
Zones de remise en service problématiques	0 %	12,5 %	0 %	3,8 %
Zones de remise en service difficiles	25 %	15,6 %	13,4 %	34,6 %
Zones de remise en service convenables	50 %	62,5 %	84,6 %	61,5 %
Zones non perturbées	25 %	9,4 %	0 %	0 %

Conclusion

42 Les travaux réalisés ont abouti au développement d'un prototype Web-SIG permettant d'analyser la résilience urbaine. Ce développement est fondé sur la définition d'un cadre théorique précis (Lhomme, 2012). Dans ce cadre théorique, la ville est considérée comme un système où les réseaux techniques tiennent une place centrale. C'est pourquoi la méthodologie développée pour analyser la résilience urbaine repose sur l'étude préalable de la résilience des réseaux techniques en s'appuyant sur une combinaison des capacités de résistance, d'absorption et de récupération. Des indicateurs pour évaluer ces trois types de capacités ont

été définis et combinés pour identifier les forces et les faiblesses des réseaux techniques. Dans cet article, les indicateurs développés pour évaluer les capacités de récupération ont été détaillés puis appliqués à la ville de Dublin.

43 L'application à la ville de Dublin démontre la pertinence de la méthodologie proposée et du prototype développé. L'analyse des capacités de récupération permet d'identifier clairement que les zones les plus proches de la zone d'aléa ne seront pas forcément les plus perturbées par l'inondation sur le long terme. En effet, les zones directement impactées par une crue bicentennale, étant majoritairement situées en plein cœur de Dublin, bénéficieront d'une concentration importante de ressources pouvant permettre un retour rapide à la normale. En revanche, des zones périphériques seront amenées à subir des impacts indirects qui pourront perturber plus longtemps ces territoires alors même que ces zones sont situées hors d'eau. Dans ce cadre, les SIG, qui permettent d'effectuer de nombreuses requêtes d'analyse spatiale, de superposer des couches d'information géographique hétérogènes et de traiter des questions comme celles liées à l'accessibilité, semblent bien adaptés à la problématique posée, bien qu'il faille de nombreux développements informatiques pour prendre en compte les interactions entre les différentes couches d'information.

44 Pour de futurs travaux, plusieurs pistes d'amélioration, ouvrant sur de nouvelles recherches, ont été identifiées. Il semble notamment nécessaire d'améliorer les indicateurs permettant d'évaluer les capacités de récupération des réseaux techniques en tenant compte plus précisément des contraintes liées à la disponibilité des ressources (moyens humains et matériels). Or, comme les gestionnaires sont dans l'incapacité de fournir ces informations, il convient de définir des méthodologies et de développer des outils permettant d'évaluer ces ressources. En effet, si ces informations peuvent être faciles à obtenir en temps normal, elles le sont beaucoup moins en période de crise. Par exemple, pour tous les gestionnaires, il est difficile de déterminer combien de personnes seront capables de venir travailler en cas d'inondation. Enfin, la synthèse des résultats issus de plusieurs réseaux reste encore à définir, puisque chaque réseau dispose de ces analyses de résilience. Dans le cas de Dublin, ce problème est laissé de côté, car l'analyse de la résilience des réseaux techniques justifie de se focaliser sur l'analyse du réseau d'assainissement qui subit les impacts les plus importants. La prise en compte des interdépendances existant entre les réseaux techniques, comme c'est le cas dans notre méthodologie, ne résout pas cette question centrale.

Bibliographie

Ahern, J., 2011, From fail-safe to safe-to-fail : Sustainability and resilience in the new urban world, *Landscape and Urban Planning*, 100(4), pp. 341-343

Baray, J., 2002, Localisation commerciale multiple : une application du traitement du signal et du modèle p-médian au développement d'un réseau de magasins de produits biologiques, sous la direction de Gérard CLIQUET, à l'Université de Rennes I

Cagnan, Z., R. Davidson et S. Guikema, 2004, Post-earthquake restoration modeling of electric power systems, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Papier 109, [En ligne] URL : http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/13_109.pdf

Chapelon, L., 2012, Accessibilité, Hypergeo. [En ligne] URL : <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article30>

Dueñas-Orsorio, L., 2005, Interdependent response of networked systems to natural hazards and intentional disruptions, Dissertation, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia Tech Library, 199 p.

FERC et NAERC, 2011, Report on Transmission Facility Outages during the Northeast Snowstorm of October 29–30, 2011, Causes and Recommendations Federal Energy Regulatory Commission and the North American Electric Reliability Corporation, 50 p.

Folke, C., S. Carpenter, T. Elmqvist, L. Gunderson, C. S. Holling, B. Walker, J. Bengtsson, F. Berkes, J. Colding, K. Danell, M. Falkenmark, F. Moberg, L. Gordon, R. Kaspersson, N. Kautsky, A. Kinzig, S. A. Levin, K-G. Mäler, L. Ohlsson, P. Olsson, E. Ostrom, W. Reid, J. Rockström, H. Savenije et U. Svedin. 2002. Resilience and sustainable development : building adaptive capacity in a world of transformations. Scientific Background Paper, World Summit on Sustainable Development, Swedish

- Environmental Advisory Council 2002 :1. Ministry of the Environment, Stockholm, Suède, 74 p. [En ligne] URL : <http://era-mx.org/biblio/resilience-sd.pdf>
- Gleyze, J. F., 2005, La vulnérabilité structurelle des réseaux de transports dans un contexte de risque, Thèse de doctorat, Université Paris VII, Laboratoire COGIT-IGN, 826 p.
- Grisson, L., 2004, Les enjeux du Grand Dublin, *Mappemonde*, 75(3), pp. 73-75
- Hines, P. et E. Cotilla-Sanchez, 2010, Do topological models provide good information about electricity infrastructure vulnerability ?, *Chaos*, pp. 1-11
- Izraelwicz, E., 1999, Après les tempêtes, les risques de « Réseapolis », *Quotidien Le Monde*, ed. 31 décembre 1999
- Kozin, F., H. Zhou et R.H. Zhang, 1991, System Study of Urban Response and Reconstruction due to Earthquake, *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE, vol. 116, pp. 1959-1972
- Lefrou, C., X. Martin, J.P. Labarthe, J. Varret, B. Maziere, R. Tordjman et R. Feunteun, 2000, Les crues des 12, 13 et 14 Novembre 1999 dans les départements de l'Aude, des Pyrénées-Orientales et du Tarn, éditeur collection générale des Ponts et Chaussées, 145p.
- Lhomme, S., D. Serre, R. Laganier et Y. Diab, 2010, Les réseaux techniques face aux inondations ou comment définir des indicateurs de performance de ces réseaux pour évaluer la résilience urbaine, *Le bulletin de l'association des Géographes français*, pp. 487-502
- Lhomme, S., 2012, Les réseaux techniques comme vecteur de propagation des risques en milieu urbain. Une contribution théorique et pratique à l'analyse de la résilience urbaine, Laganier R. & Serre D. (sous la dir.), Thèse de doctorat, Université Paris Diderot, 365 p.
- Lhomme, S., D. Serre, R. Laganier et Y. Diab, 2013, La résilience de la ville de Dublin aux inondations : de la théorie à la pratique, *Cybergeo - European Journal of Geography, Environment, Nature, Landscape*, document 651, [En ligne] URL : <http://cybergeo.revues.org/26026> ; DOI : 10.4000/cybergeo.26026
- Michel-Kerjan, E., 2000, Risques à grande échelle dans les systèmes en réseaux : quelques interrogations, *Série Scientifiques*, Centre international de recherche en organisations (CIRADO), p. 26.
- Petitot, S., 2011, Eau, assainissement, énergie, déchets : vers une ville sans réseaux ?, *Métropolitiques*, 14 décembre 2011, 4 p., [En ligne] URL : <http://www.metropolitiques.eu/Eau-assainissement-energie-dechets.html>
- Provitolo, D., 2009, Vulnérabilité et résilience : géométrie variable des deux concepts, séminaire résilience urbaine de l'ENS, Paris, [En ligne] URL : <http://www.geographie.ens.fr/IMG/file/resilience/SeminaireProvitoloVulnerabiliteResilience.pdf>
- Reghezza, M., 2006, Réflexions sur la vulnérabilité métropolitaine. La métropole parisienne face au risque de crue centennale, Thèse de doctorat, Université Paris X – Nanterre, 382 p.
- Reghezza, M., S. Rufat, G. Djament-Tran, A. Leblanc et S. Lhomme, 2012, What resilience is not : Resilience use and abuse, *Cybergeo - European Journal of Geography, Environment, Nature, Landscape*, document 621, [En ligne] URL : <http://cybergeo.revues.org/25554> ; DOI : 10.4000/cybergeo.25554
- RETEX SANDY, 2013, Restitution de la mission « RETEX SANDY », organisée par le Haut Comité Français pour la Défense Civile, 4 au 9 mars 2013, 92 p., [En ligne] URL : https://www.hcfdc.org/securise/pdf/sandy/rapport_sandy_hcfdc.pdf
- Roncayolo, M., 1990, La ville et ses territoires, Paris, Gallimard, 288 p.
- Wang, S., B. Sarker, Jr. L. Mann et E., Triantaphyllou, 2004, Resource planning and a depot location model for electric power restoration, *European Journal of Operational Research*, 155, pp. 22-43
- Xu, N., S. Guikema, R.A. Davidson, L.K. Nozick, Z. Cagnan et K. Vaziri, 2007, Optimizing scheduling of post-earthquake electric power restoration tasks, *Earthquake engineering and structural dynamics*, pp. 265-284

Pour citer cet article

Référence électronique

Serge Lhomme, Richard Laganier, Youssef Diab et Damien Serre, « Un prototype SIG pour analyser la résilience urbaine : application à la ville de Dublin », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 13 Numéro 3 | décembre 2013, mis en ligne le 30 décembre 2013, consulté le 23 septembre 2014. URL : <http://vertigo.revues.org/14502> ; DOI : 10.4000/vertigo.14502

À propos des auteurs

Serge Lhomme

Lab'URBA, Université Paris Est Créteil Val de Marne, 61 Avenue du général de Gaulle, 94010 Créteil cedex, France, Courriel : serge.lhomme@eivp-paris.fr

Richard Laganier

Université Paris Diderot, PRODIG, 5 rue Thomas Mann, 75205 Paris Cedex 13, France

Youssef Diab

Université Paris Est, École des Ingénieurs de la Ville de Paris, 80, rue Rébeval, 75019 Paris, France

Damien Serre

RESCUE Solutions SAS, Bagneux, France, courriel : rescuesolutions@free.fr

Droits d'auteur

© Tous droits réservés

Résumés

La résilience fait l'objet de nombreux débats dans le domaine académique notamment concernant sa pertinence pratique. C'est pourquoi les travaux concernant le développement de méthodologies et d'outils afin d'analyser la résilience se révèlent particulièrement importants. Cette recherche propose alors une méthodologie pour analyser la résilience urbaine et introduit le développement d'un prototype permettant de rendre opérationnelle cette méthodologie. Après avoir détaillé une méthodologie focalisée sur une analyse préalable de la résilience des réseaux techniques, celle-ci est mise en œuvre, à l'aide d'un prototype Web-SIG. Plus précisément, la méthodologie et l'outil ont été appliqués à la ville de Dublin qui est une ville fortement exposée aux inondations. L'identification de relations complexes entre les risques et les territoires, permise par cette recherche, semble démontrer la pertinence pratique du prototype développé.

Resilience is a buzzword which highlights numerous debates in academic field, particularly concerning its practical relevance. That is why researches concerning methodologies development and tools in order to analyze resilience are particularly important. Thus this research proposes a methodology for analyzing urban resilience and introduces the development of a prototype to operationalize this methodology. The methodology is focused on a preliminary urban networks resilience analysis and is implemented using a Web-GIS prototype. Then methodology and prototype are used for analyzing resilience of Dublin city. Complex relationships identification between risks and territories, highlighted by this research, seems demonstrate practical relevance of resilience concept.

Entrées d'index

Mots-clés : résilience urbaine, SIG, remise en service, réseaux techniques

Keywords : urban resilience, GIS, restoration, technical networks